

Alat Peraga Pembelajaran Laju Hantaran Kalor Konduksi

Intan Nurul Rokhimi¹, Pujayanto²

Program Studi Pendidikan Fisika PMIPA FKIP UNS Surakarta
Jalan Ir. Sutami 36A Surakarta
E-mail : intannurul.rokhimi@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara penggunaan alat peraga pembelajaran laju hantaran kalor konduksi. Prinsip kerja alat yang dibuat adalah laju hantaran kalor konduksi. Cara penggunaan alat ini dengan melakukan percobaan menggunakan plastisin sebagai indikator hantaran kalor konduksi yang diletakkan pada batang uji. Untuk mendapatkan konsep laju hantaran kalor dilakukan 4 percobaan yaitu hubungan laju hantaran kalor (H) dengan panjang hantaran (l), hubungan laju hantaran kalor (H) dengan luas penampang bahan (A), hubungan laju hantaran kalor (H) dengan perbedaan suhu (ΔT), Hubungan laju hantaran kalor (H) dengan jenis bahan. Dari konsep yang ditemukan dapat dilakukan percobaan untuk menghitung besar laju hantaran kalor. Hasil ujicoba alat didapatkan konsep bahwa laju hantaran kalor konduksi (H) sebanding dengan luas penampang bahan (A) dan perbedaan suhu (ΔT) serta berbanding terbalik dengan panjang hantaran (l). Laju hantaran kalor konduksi dipengaruhi oleh suatu tetapan yang disebut konduktivitas termal (k), sehingga $H = (k A \Delta T) / l$.

Kata Kunci : laju hantaran kalor, konduksi, alat pembelajaran fisika

1. Pendahuluan

Dalam aktivitas keseharian, apa yang menjadi kegiatan kita tidak terlepas dari konsep kalor. Banyak peralatan rumah tangga dibuat dengan memakai prinsip-prinsip perpindahan kalor. Perpindahan kalor adalah perpindahan energi yang terjadi pada benda atau material yang bersuhu tinggi ke benda atau material yang bersuhu rendah, hingga tercapainya kesetimbangan panas. Perpindahan kalor (*heat transfer*) adalah ilmu untuk meramalkan atau menggambarkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Bila dua sistem yang suhunya berbeda disinggungkan maka akan terjadi perpindahan energi. Proses di mana perpindahan energi itu berlangsung disebut perpindahan panas. Perpindahan panas akan terjadi apabila ada perbedaan temperatur antara 2 bagian benda. Panas akan berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah.

Terdapat tiga macam proses perpindahan energi kalor. Proses tersebut adalah perpindahan energi secara konduksi, konveksi dan radiasi. Konduksi adalah proses perpindahan kalor dari suatu bagian benda padat atau material ke bagian lainnya. Pada perpindahan kalor secara konduksi tidak ada bahan dari logam yang berpindah. Yang terjadi adalah molekul-molekul logam yang diletakkan di atas nyala api membentur molekul-molekul yang berada di dekatnya dan memberikan sebagian panasnya. Molekul-molekul terdekat kembali

membentur molekul molekul terdekat lainnya dan memberikan sebagian panasnya, dan begitu seterusnya di sepanjang bahan sehingga suhu logam naik. Jika padatan adalah logam, maka perpindahan energi kalor dibantu oleh elektron-elektron bebas, yang bergerak diseluruh logam, sambil menerima dan memberi energi kalor ketika bertumbukan dengan atom-atom logam. Dalam gas, kalor dikonduksikan oleh tumbukan langsung molekul-molekul gas. Molekul di bagian yang lebih panas dari gas mempunyai energi rata-rata yang lebih tinggi bertumbukan dengan molekul berenergi rendah, maka sebagian energi molekul berenergi tinggi ditransfer ke molekul berenergi rendah Buchori (2004).

Jika padatan adalah logam, maka perpindahan energi kalor dibantu oleh elektron-elektron bebas, yang bergerak diseluruh logam, sambil menerima dan memberi energi kalor ketika bertumbukan dengan atom-atom logam. Dalam gas, kalor dikonduksikan oleh tumbukan langsung molekul-molekul gas. Molekul di bagian yang lebih panas dari gas mempunyai energi rata-rata yang lebih tinggi bertumbukan dengan molekul berenergi rendah, maka sebagian energi molekul berenergi tinggi ditransfer ke molekul berenergi rendah (Klara, 2008).

Joseph Fourier adalah salah seorang yang mempelajari proses perpindahan panas secara konduksi. Pada tahun 1822, Joseph Fourier telah merumuskan hukumnya yang berkenaan dengan konduksi. Banyak faktor yang mempengaruhi peristiwa konduksi. Diantaranya pengaruh luas

penampang yang berbeda, pengaruh luas penampang yang berbeda, pengaruh geometri, pengaruh permukaan kontak, pengaruh adanya insulasi dan lain-lainnya.

Dalam proses perpindahan kalor secara konduksi terdapat laju hantaran kalor. Laju hantaran kalor menyatakan seberapa cepat kalor dihantarkan melalui medium itu. Terdapat besaran-besaran yang mempengaruhi dalam laju hantaran kalor yaitu luas permukaan benda, panjang atau tebal benda, perbedaan suhu antar ujung benda dan juga dipengaruhi oleh suatu besaran k yang disebut konduktivitas termal (Holman, 1994).

Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan berikut ini yang disebut dengan hukum Fourier dan merupakan persamaan dasar konduksi. Persamaan dasar konduksi :

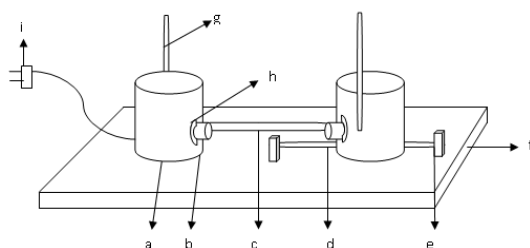
$$q = kA \frac{dT}{dx} \dots \dots \dots (1.1)$$

Sampai saat ini banyak percobaan laju hantaran kalor konduksi hanya menghitung dengan menggunakan persamaan yang sudah diketahui. Untuk percobaan yang menemukan konsep laju hantaran kalor konduksi masih kurang dikembangkan, selain itu pada percobaan yang banyak dilakukan sumber panas yang digunakan tidak memberikan distribusi suhu yang merata pada material. Misalnya saat penggunaan pembakar spiritus sebagai sumber panas, maka distribusi suhu yang diterima pada permukaan material tidak merata. Oleh karena itu perlu dikembangkan suatu alat percobaan untuk menemukan konsep laju hantaran kalor konduksi dengan distribusi suhu yang merata.

2. Pembahasan

2.1. Desain Alat Percobaan

Untuk menentukan konsep laju hantaran kalor, maka dibuatlah alat percobaan laju hantaran kalor dengan menggunakan pemanas air serta bahan uji silinder pejal. Desain alat tersebut adalah:



Keterangan :

- Pemanas air (*water heater*)
- Mur tembaga
- Logam silinder bahan uji
- Batang rel

- Penumpu rel
- Meja objek
- Termometer
- Ring karet
- Steker

2.2 Gambar Alat Percobaan



Gambar 3.2 Hasil pembuatan alat percobaan
(Sumber : Dokumen pribadi, 2015)

2.3 Cara Penggunaan Alat Percobaan

Dengan asumsi bahwa laju perambatan kalor (H) berbanding terbalik dengan waktu perambatan (t), langkah-langkah penelitian untuk menemukan konsep laju perpindahan kalor yaitu sebagai berikut dengan melakukan percobaan untuk hubungan laju hantaran kalor (H) dengan panjang hantaran (l). langkah penggunaannya dengan bahan uji aluminium 15 cm, tandai panjang yang dihendaki pada beberapa titik. Buat buliran plastisin kemudian tempelkan pada tanda panjang. Isikan pemanas air dengan air secukupnya sampai melebihi mur tembaga, kemudian panaskan hingga mendidih. Isikan pemanas air yang satu dengan air hingga melebihi mur tembaga tetapi tidak dipanaskan. Setelah mendidih, pasang ujung kedua batang aluminium pada sambungan mur tembaga sehingga tersambung antara suhu panas dan suhu dingin. Hidupkan stopwatch dan amati sampai plastisin terjatuh. Catat waktu plastisin terjatuh dan tabulasikan data yang diperoleh pada tabel

Untuk hubungan laju hantaran kalor (H) dengan luas penampang bahan (A), langkah penggunaannya dengan bahan uji aluminium diameter 6 mm dan panjang 10 cm, tandai panjang yang dihendaki pada jarak 7 cm. Buat buliran plastisin kemudian tempelkan pada tanda panjang. Isikan pemanas air dengan air secukupnya sampai melebihi mur tembaga, kemudian panaskan hingga mendidih. Isi pemanas air yang satu dengan air hingga melebihi mur tembaga tetapi tidak dipanaskan. Setelah mendidih, pasang ujung kedua batang aluminium dengan mur tembaga sehingga menggunakan sambungan karet sehingga

tersambung antara suhu panas dan suhu dingin. Hidupkan stopwatch dan amati sampai plastisin terjatuh. Catat waktu plastisin terjatuh dan tabulasikan data yang diperoleh pada tabel. Ulangi langkah 1-7 dengan bahan uji aluminium diameter 8 mm, 10mm, 12 mm, 14 mm serta 16 mm.

Untuk hubungan laju hantaran kalor (H) dengan perbedaan suhu (ΔT), langkah penggunaannya dengan bahan uji aluminium 15 cm, tandai panjang yang dihendaki pada jarak 7 cm. Buat buliran plastisin kemudian tempelkan pada tanda panjang. Isi pemanas air dengan air secukupnya sampai melebihi mur tembaga, kemudian panaskan hingga suhu 70°C . Isi pemanas air yang satu dengan air hingga melebihi mur tembaga tetapi tidak dipanaskan. Setelah mencapai suhu 70°C , pasang ujung kedua batang aluminium pada sambungan mur tembaga sehingga tersambung antara suhu panas dan suhu dingin. Hidupkan stopwatch dan amati sampai plastisin terjatuh. Catat waktu plastisin terjatuh dan tabulasikan data yang diperoleh pada tabel. Panaskan lagi air hingga suhu 80°C , kemudian ulangi langkah 5-7. Panaskan air hingga suhu 90°C , kemudian ulangi langkah 5-7

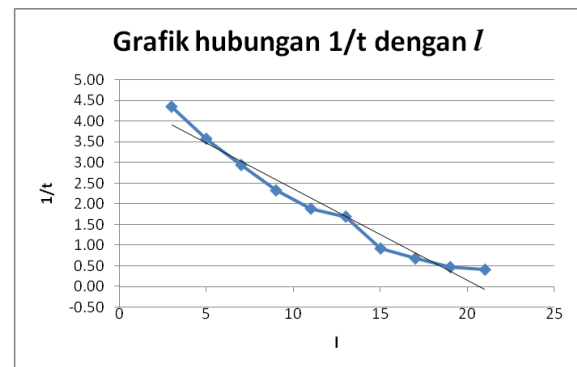
Untuk hubungan laju hantaran kalor (H) dengan jenis bahan, langkah penggunaannya dengan bahan uji aluminium diameter 6mm panjang 10 cm, tandai panjang pada jarak 7 cm. Buat buliran plastisin kemudian tempelkan pada tanda panjang. Isi pemanas air dengan air secukupnya sampai melebihi mur tembaga, kemudian panaskan hingga mendidih. Isi pemanas air yang satu dengan air hingga melebihi mur tembaga tetapi tidak dipanaskan. Setelah mendidih, pasang ujung kedua batang aluminium pada sambungan mur tembaga sehingga tersambung antara suhu panas dan suhu dingin dengan lilin berada pada jarak 7 cm dari sumber panas. Hidupkan stopwatch dan amati sampai plastisin terjatuh. Catat waktu plastisin terjatuh dan tabulasikan data yang diperoleh pada tabel. Ulangi langkah 1-7 dengan mengganti bahan uji dengan kuningan, stainless steel dan besi yang sama ukurannya.

Untuk menghitung laju hantaran kalor pada berbagai batang logam, langkah penggunaannya isi kedua pemanas air dengan air secukupnya sampai melebihi mur tembaga. Hubungkan dengan listrik pada salah satu pemanas hingga air mendidih. Ukur diameter bahan uji dengan jangka sorong. Setelah mendidih, pasang batang logam aluminium dengan ukuran diameter 6 mm panjang 10 cm pada selubung resin dan dipasang pada pemanas sehingga kedua pemanas terhubung. Pasang thermometer pada ujung-ujung batang logam. Ukur jarak antara 2 thermometer dan digunakan sebagai jarak hantaran

(l). Amati perubahan suhu pada masing-masing thermometer setiap detiknya selama 10 detik hingga tercapai keadaan tunak dan tabulasikan datanya ke tabel. Ulangi langkah 1-10 dengan ganti bahan uji dengan stainless dan besi dengan ukuran yang sama.

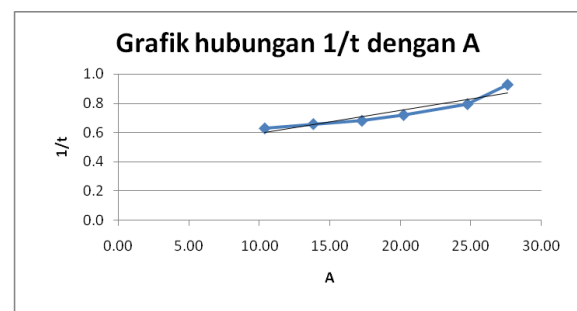
2.4 Hasil Uji Coba Alat

Berdasarkan data yang diperoleh, kemudian dianalisis dari masing-masing percobaan untuk mendapatkan konsep laju hantaran kalor. Laju hantaran kalor (H) menyatakan kecepatan aliran kalor setiap satuan waktu ($\frac{\Delta Q}{\Delta t}$), oleh karenanya $H \sim \frac{1}{t}$ dan pada analisis berikut H dinyatakan dengan $1/t$.



Hubungan laju hantaran kalor (H) dengan panjang hantaran (l). Dengan menggunakan grafik hubungan l dengan $1/t$, dapat dilihat bahwa terbentuk grafik linier turun kebawah dimana semakin panjang hantarannya maka $1/t$ semakin turun, itu berarti laju hantaran kalornya semakin kecil. Sehingga laju hantaran kalor (H) berbanding terbalik dengan panjang hantarannya (l)

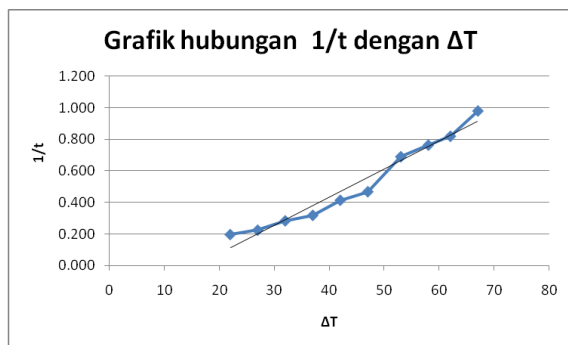
$$H \sim \frac{1}{l}$$



Hubungan laju hantaran kalor (H) dengan luas penampang bahan (A). Dari percobaan b, bahan uji berbentuk silinder pejal dimana luas penampangnya berbentuk lingkaran dan mempunyai diameter. Luas permukaan penghantar (A) dapat dicari dengan persamaan luas selimut silinder yaitu dengan $2\pi rL$.

Grafik hubungan A dengan $1/t$ menunjukkan grafik linier yang naik, artinya semakin besar luas penampang bahan penghantar (A) maka $1/t$ juga semakin besar dan laju hantaran kalor (H) juga semakin besar. Dari grafik didapat bahwa laju hantaran kalor (H) sebanding dengan luas penampang bahan penghantar (A).

$$H \sim A$$



Hubungan laju hantaran kalor (H) dengan perbedaan suhu (ΔT). Dari percobaan d, variasi dilakukan pada pemanas 1 yang diisi air dipanasi hingga suhu berbeda-beda sedangkan pada pemanas 2 tetap berisi air biasa. Dari tabel dihitung besar perbedaan suhu dan $1/t$ -nya. Semakin besar perbedaan suhu (ΔT) maka $1/t$ semakin besar. Dari grafik hubungan ΔT dengan $1/t$ terbentuk grafik linier ke atas dimana semakin besar ΔT maka $1/t$ juga semakin besar. Hal ini berarti laju hantaran kalor (H) juga semakin besar. Sehingga laju hantaran kalor (H) sebanding dengan perbedaan suhu (ΔT).

$$H \sim \Delta T$$

Hubungan laju hantaran kalor (H) dengan jenis bahan. Dari percobaan hubungan laju hantaran kalor (H) dengan jenis bahan yang digunakan pada berbagai jenis bahan penghantar yang berbeda nilai $1/t$ berbeda-beda. Hal itu berarti laju hantaran kalor (H) pada jenis penghantar yang berbeda nilainya juga berbeda.

Dari percobaan a sampai d dapat disimpulkan menjadi satu yaitu sebagai berikut:

$$H \sim \frac{A \Delta T}{l}$$

Pada beberapa jenis bahan laju hantarannya berbeda-beda, hal ini berarti laju hantaran kalor dipengaruhi oleh jenis bahan penghantar yang digunakan. Laju hantaran kalor (H) dipengaruhi oleh suatu tetapan k , yaitu suatu besaran fisis yang disebut konduktivitas termal yang dimiliki oleh bahan penghantar yang digunakan. Sehingga laju hantaran kalor (H) dapat dituliskan sebagai

$$H = \frac{k A \Delta T}{l}$$

3. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian pembuatan alat percobaan laju hantaran kalor konduksi adalah cara penggunaan alat untuk menemukan konsep laju hantaran kalor konduksi yaitu dengan menemukan hubungan laju hantaran kalor (H) dengan panjang hantaran (l), hubungan laju hantaran kalor (H) dengan luas penampang penghantar (A), hubungan laju hantaran kalor (H) dengan perbedaan suhu (ΔT), hubungan laju hantaran kalor (H) dengan jenis bahan penghantar. Dengan persamaan yang didapat dari percobaan sebelumnya dapat digunakan untuk menghitung besar laju hantaran kalor konduksi. Cara penggunaan selanjutnya dengan mengukur suhu pada kedua ujung penghantar ketika dialiri panas hingga mencapai suhu tunak untuk mengetahui besar laju hantarannya.

Dari hasil ujicoba alat peraga pembelajaran laju hantaran kalor konduksi didapatkan konsep bahwa laju hantaran kalor konduksi sebanding dengan luas penampang bahan uji, sebanding dengan perbedaan suhu, serta berbanding terbalik dengan panjang batang uji dan dipengaruhi oleh suatu tetapan yang disebut konduktivitas termal bahan, sehingga didapat

$$H = \frac{k A \Delta T}{l}$$

Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan alat peraga pembelajaran laju hantaran kalor konduksi agar didapat data yang baik seharusnya penggunaan plastisin dengan kuantitas yang sama besarnya untuk setiap percobaan, selain itu untuk variasi luas penampang ring karet didesain sebaik mungkin agar lebih mudah dalam melepas dan memasangnya.

Daftar Pustaka

- Buchori, Lukman. 2011. *Perpindahan Panas (Heat Transfer)*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP Semarang.
- Chengel, Yunus A. 202. *Heat Transfer*. Ebook.
- Fatimah, Siti. 2011. [http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR. PE ND. KIMIA/196802161994022-SOJA_SITI_FATIMAH/Kimia_industri/BESI_BAJA.pdf](http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PE_ND._KIMIA/196802161994022-SOJA_SITI_FATIMAH/Kimia_industri/BESI_BAJA.pdf)
- Holman, J.P. 1994. *Perpindahan Kalor*. Jakarta : Erlangga
- Klara, Syerly. 2008. *Modul Klasifikasi dan Mekanisme Perpindahan Panas*. Makasar:

- Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin Makassar.
Panggabean, NF. 2014.
repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/39680/4/Chapter%20II.pdf
Putra,JA.2010. chapter II
repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20050/3/Chapter%20II.pdf
Setyaji, EF.2012.
eprints.undip.ac.id/41571/12/BAB_II_.pdf
Tieft, Renville. 2013. *Konduksi Pada Keadaan Tetap*. From:
http://iantscientiest.blogspot.com/2013/03/konduksi-pada-keadaan-tetap-steady-9563.html#.UVkfp2OV7_d . diakses tanggal: 1 April 13, 12:50 WIB
Tim Penyusun. 2013. *Penuntun Praktikum Laboratorium Teknik Kimia II*. Program Studi S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
Tipler, Paul A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga
Wijaya,TH.2011.repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/25628/4/Chapter.pdf

Nama Penanya : Dinda Putri Asih

Pertanyaan : Penerapan dalam pembelajaran apakah konsep akan diberikan diawal atau tidak diberikan sama sekali?

Jawaban : Konsep diberikan diakhir pada saat kesimpulan